



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap

## Vete då och nu: Släktskap och mineralkoncentration

Wheat then and now: Relationship and mineral  
concentration

*Alies Hellsten*

Institutionen för molekylära vetenskaper  
Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - kandidatarbete, 15 hp, G2E  
Agronomprogrammet - livsmedel  
Molecular Sciences, 2017:18  
Uppsala, 2017



# Vete då och nu: Släktskap och mineralkoncentration

Wheat then and now: Relationship and mineral concentration

*Alies Hellsten*

**Handledare:** Hans Jonsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för molekylära vetenskaper

**Examinator:** Lena Dimberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för molekylära vetenskaper

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - kandidatarbete

**Kurskod:** EX0669

**Program/utbildning:** Agronom - Livsmedel

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Serietitel:** Molecular Sciences

**nr:** 2017:18

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Einkorn, emmer, spelt, vete, mineralkoncentration i kärna

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för molekylära vetenskaper



## Sammanfattning

Det moderna brödvetet utgör en stor del av kosten och är en viktig källa till mineraler i humandieten världen över. Koncentrationen av mineraler i vetekärnan kan i vissa fall täcka mer än 70% av det rekommenderade dagliga intaget för Cu, Se, Fe, Mg, Zn, Mn och P vardera. Andra viktiga mineraler som avses i denna rapport är K och Ca. Samtidigt som vete anses vara en viktig näringskälla härleds järn- och zinkbristen i världen till en diet baserad på mycket spannmål med otillfredsställande mängder mineral. Det är därför angeläget att utreda om skillnader i mineralhalt föreligger mellan vetearterna. Indikationer på att vild emmer besitter alleler som kan utnyttjas i växtförädling för utveckling av näringsegenskaper som exkluderats från den domesticerade genpoolen hos brödvete, utgör ytterligare skäl till att studera äldre vetesorter. Data har inhämtats och sammanfattats från tidigare forskning på mineralhalt i vetekorn. Den genomsnittliga mineralkoncentrationen i vetekärnan tycks skilja mellan genotyperna men halterna är även till varierende grad platsbetingade. Brödvete har generellt högre avkastning än äldre vetesorter men genomsnittligt lägre mineralhalt.

Syftet med detta arbete var att kartlägga ett urval vetearter för att belysa de näringsmässiga skillnaderna mellan äldre och modernare vetesorter.

*Nyckelord: Einkorn, emmer, spelt, vete, mineralkoncentration i kärna*

## Abstract

Common bread wheat contributes to a great portion of the human diet and is a major source of minerals in human nutrition worldwide. The mineral grain concentration of wheat cover, in some cases, over 70% of the recommended daily intake of Cu, Se, Fe, Mg, Zn, Mn, Mo and P each, but not for K and Ca. Yet, the world Fe- and Zn malnutrition is thought to be caused by a cereal based diet with insufficient amounts of minerals. In that sense, investigation of mineral concentration among different wheat species, is of great interest. Indications of wild emmer having alleles valuable in plant breeding for development of nutritional benefits that have been excluded from the gene pool of domesticated bread wheat, provides additional incentives to further investigate the genotype of older wheat species. Data have been collected from previous research on mineral grain concentration, and summarized. The average mineral grain concentration tends to differ between the genotypes but the composition is also dependent on the location. Bread wheat usually yields more than older wheat species but mostly has lower grain concentration for some minerals.

The aim of this work was to map out a selection of wheat species to illustrate the nutritional differences among old and modern varieties.

*Keywords: Einkorn, emmer, spelt, wheat, mineral grain concentration*

# Innehållsförteckning

Förkortningar		4
1	Inledning	5
1.1	Syfte	7
1.2	Metod	7
2	Vete	8
2.1	Arter	9
2.2	Genetik	10
2.3	Växtförädling	11
2.4	Vetekärnans uppbyggnad	12
2.5	Mineraler i vete	14
2.5.1	Järn	15
2.5.2	Zink och koppar	16
2.5.3	Mangan	16
2.5.4	Selen	16
2.5.5	Kalium	16
2.5.6	Kalcium	17
2.5.7	Magnesium	17
2.5.8	Fosfor	17
2.6	Parametrar som påverkar mineralinnehållet i vete	18
3	Äldre kontra modernare vete	19
3.1	Mineralkoncentration enligt olika studier	19
3.1.1	Hussain et al., 2012	20
3.1.2	Chatzav et al., 2010	21
3.1.3	Fan et al., 2008	21
3.1.4	Graham et al., 1999	22
4	Diskussion	23
5	Slutsats	25
Referenslista		26
Tack		29
Bilaga 1		30

## Förkortningar

Ca	Calcium
CIMMYT	International Maize and Wheat Improvement Center
Cu	Koppar
Fe	Järn
K	Kalium
Mg	Magnesium
Na	Natrium
NNR	Nordiska Näringsrekommendationer
P	Fosfor
RDI	Rekommenderat dagligt intag
S	Svavel
Se	Selen
Zn	Zink



# 1 Inledning

Mineraler har en fundamental roll i biologiska system, såväl hos växter som hos djur. I växter är dessa näringsämnen inblandade i biokemiska aktiviteter i alla stadier, från frömognad, groning, tillväxt till mineraldeponering i kärnorna (Lásztity, 1999). Växtprodukter utgör en viktig källa till mineraler i den mänskliga dieten och cerealier i synnerhet utgör den viktigaste formen av stapelvara (Bjornstad, 2012). Vete representerar dessutom huvuddelen av allt djurfoder.

Brist på mikronäringsämnen påverkar över två miljarder människor (FAO), speciellt kvinnor och barn i utvecklingsländerna. Enligt Riksmaten 2010-11 står spannmål för 20% av energiintaget hos svenskarna (Amcoff *et al.*, 2012). Spannmål utgör även en viktig källa till mineral då det bland annat bidrar med 26% av det järn vi äter varje dag (Amcoff *et al.*, 2012). Det är lika mycket som de animaliska produkterna bidrar med tillsammans.

Vete tar tillsammans med majs och ris upp majoriteten av odlingsmarken på jorden. År 2010 odlades vete på 217 miljoner ha världen över och det skördades 651 miljoner ton (Gobbetti & Gänzel, 2013).

Så mycket som 98% av befolkningen konsumerar bröd i Sverige (Riksmaten). Totalt äter kvinnor och män 87 gram bröd per dag, inklusive hårt bröd. Dessutom konsumeras 26 gram pasta, 31 gram bullar/kakor/tårtor, 35 gram pizza/paj/pirog och 9 gram pannkakor o.dyl. per dag.

Det är av stort intresse att utreda huruvida det föreligger näringsmässiga skillnader mellan modernt brödvete och äldre sorter. Detta då råvaran utgör en stor del av kosten hos många människor och ökad halt av mineraler i vete på så vis kan bidra till att motverka malnutrition världen över (Spiegel *et al.*, 2009). Vid genomsnittlig konsumtion (enligt FAO, 2007) har vissa genotyper av vete visats kunna täcka stora delar av det rekomen-

derade dagliga intaget för flertalet essentiella min-eraler (Hussain *et al.*, 2010). Dessa genotyper härstammar från olika vetearter.

Mineralhalten är högre i fullkornsprodukter då stora mängder mineral finns i klifractionen.

Vete har den högsta halten protein jämfört med de andra dominerande cerealierna, så som ris och majs (Graham *et al.*, 1999). Fattiga människor har inte råd med näringstäta livsmedel som kött, fisk och frukt. Därför utgör spannmål en viktig komponent för deras näringsintag (Hussain, 2010). Vetekärnan består till 1,7 % av min-eraler (Gobbetti & Gänzle, 2013). Med sitt höga energivärde och breda variation av produkter är vete en av de viktigaste råvarorna för humannutrition (Lásztity, 1999).

#### *Historik och kultursorter*

Einkorn, emmer och spelt har odlats i Norden sedan stenåldern (Noordapera, 2013) men tycks ha upphört på fastlandet i Sverige under vikingatiden. Efter denna tid saknas arkeologiska spår av dessa spannmål. På Gotland har de tre sorterna varit kända sedan yngre järnåldern och sedan trots ha försvunnit. På 1960-talet upptäcktes att sorterna hade odlats i modern tid på en gård i Ardre, Gotland (Hjelmqvist, 1966). De kvarvarande plantorna efter tidigare års odling togs tillvara och kärnorna frystes in. Fyndet är unikt och den enda lämning av dessa sorter som hittats i Sverige (Hjelmqvist, 1966).

Spelt och emmer har spelat en betydande roll i förhistorisk tid (Hjelmqvist, 1966). För 5000 år sedan blev klimatet kallare och dessa värmeanpassade spannmål ersattes med andra, konkurrenskraftiga sädesslag. Fram till 1700-talet dominerade korn varefter vete åter igen blev det viktigaste spannmålet i Sverige (Noordapera, 2013).

Einkorn härstammar från trakterna kring den Bördiga halvmånen i mellanöstern (Marcussen *et al.*, 2014). Arkeologiska fynd från Göbekli Tepe tyder på att världens första bönder levde där (Heun *et al.*, 2008) och möjliggjorde uppbyggnad av staden. Den vilda varieteten av einkorn drösar lätt sina kärnor med anledning av sina svaga axleder, vilket den domesticerade inte gör (Heun *et al.*, 2008). Den avgörande mutationen som står för denna egenskap kan spåras tillbaka till Göbekli Tepe. Skillnaden är att axet inte bryter ner randen mellan ax och kärna vid mognad. Fröet sitter således kvar på axet och en effektiv insamling av spannmålet kunde tillämpas. Större mängder skördades och utsäde sparades för att sås på

nytt. Detta anses vara början av domesticerat vete (Bjornstad, 2012). Till en början användes vilda, diploida vete-arter vilka gradvis ersattes av domesticerade varieteter (Marcussen *et al.*, 2014). Det första vetet som odlades var einkorn och sedermera emmer. Idag utgörs 95% av allt odlat vete av brödvete men utöver det, även av durum och spelt (Shewry, 2009).

## 1.1 Syfte

Syftet med detta arbete var att kartlägga ett urval av vetearter och utreda om det går att påvisa skillnader i mineralhalt hos olika, äldre och modernare, vetesorter. Då effekt av parametrar (t.ex. miljömässiga faktorer) med inverkan på mineralhalt inte kan isoleras och helt analyseras var för sig, berörs även odlingsplatsens betydelse för mineral i vetekärnan kontra val av genotyp.

## 1.2 Metod

Aktuell kunskap rörande genotyp och mineralkoncentration i vete har sammanställts genom en granskning av publicerad forskning. Relevanta artiklar tillgängliga via SLU-biblioteket har tagits i beaktning, likväl som statistik från FAO och andra behjälpliga källor. Uppsatsen fokuserar kring genotypens betydelse för mineralkoncentrationen i vetekärnan och avgränsas till de kommersiellt relevanta arterna einkorn, emmer, spelt och modernt brödvete. Den aktuella kunskapen diskuteras sedan i relation till syftet att utreda om det föreligger skillnader i mineralkoncentration mellan sorterna.

Omfattningen av näringsanalysen begränsades till nio mineraler med högst relevans för humannutrition, nämligen järn, zink, koppar, mangan, selen, kalium, magnesium, kalcium och fosfor.

Sökorden som användes i denna litteraturstudie inkluderade; *wheat, Triticum, einkorn, mineral, nutrition\*, composition, concentration, Fe, Zn, Cu, Mn, Se, K, Mg, Ca, P, genotype, genetic\*, yield, breed\** och *ancient*.

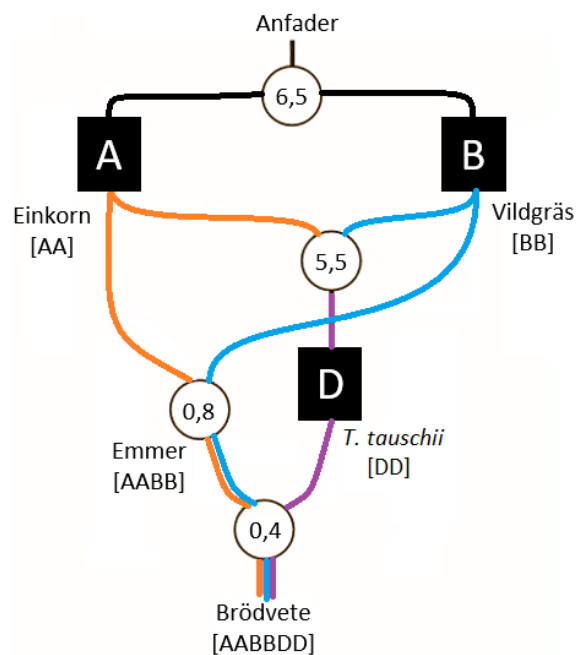
## 2 Vete

Vetesläktet (veten, *Triticum*) ingår liksom andra cerealier (tex. majs och ris) i familjen gräs och utgörs av flertalet arter, däribland brödvetet (*Triticum aestivum*). Efter arter delas veten in i underarter och sedan varieteter. Nya varieteter är oftast selekterade med avseende på någon viss egenskap, så som sjukdomsresistens eller avkastning (Pomeranz, 1988). Sorter (kultivar) är en varietet av ett vete som avsiktligt skapats eller selekterats och bibehållits genom odling.

Det moderna brödvetet är ett naket spannmål vars frukt är torr och enfriig och kallas kärna, korn eller gryn (Gobbetti & Gänzle, 2013).

Kartläggning av vetegenomen visar att alla tre genom A, B och D hos *T. aestivum* härstammar från samma anfader. För över 6 miljoner år sedan började den differentiera till vad som skulle komma att bli de olika vetelinjerna (Marcussen *et al.*, 2014). Derivaten har sedan i flera steg under evolutionens gång hybridiserat med varandra. Trots komplex släkthistoria kan man ändå koppla genom A till *T. monococcum* (einkorn) och D till vildgräset *T. tauschii*. Genomet B härleds till en okänd släkting till vildgräset *Aegilops speltoides* och förblir således ännu ej helt definierad.

Emmer (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*) utvecklades genom polyploid hybridisering av *T. urartu* (AA) och *Ae. speltoides* (BB) för mindre än 800 000 år sedan. Släktskapet åskådliggörs i Figur 1. För omkring 400 000 år sedan, uppstod det hexaploida vetet (AABBDD) genom en tredje hybridisering, vilket var mellan av emmer (AABB) och *T. tauschii* (DD) (Shewry, 2009; Marcussen *et al.*, 2014). Både spelt och brödvete är hexaploida veten.



Figur 1. Schematisk bild över brödvetets släktskap. Tiden för differentiering och hybridisering visas i vita cirklar och ges i enheten miljoner år sedan. Linjerna för de tre subgenomen A, B och D visas med färg. Namnen vid linjerna illustrerar befintliga, nära besläktade arter till de involverade i hybridisering-arna. Informationen är hämtad från Marcussen et al., 2014 men figuren är egenhändigt sammanställd.

## 2.1 Arter

De fyra kommersiellt relevanta arterna inom vetesläktet är *T. monococcum* (einkorn), *T. turgidum* (emmer och durum), *T. timopheevi* och *T. aestivum* (brödvete och spelt) (Pomeranz, 1988). I USA är det även vanligt med *T. compactum* Host (inkluderar varieteten klubbvete) och *T. durum* Desf. (Pomeranz, 1988).

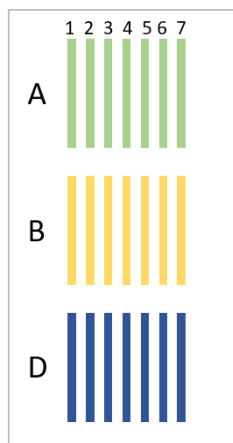
Einkorn med sin enkla genuppsättning (A) hört till de absolut äldsta arterna. Den innehåller en uppsättning gener från moderplantan och en från faderplantan och blir således diploid. Dessa har ett platt ax med långa borst och generellt högre fetthalt än brödvete. De är rika på betakaroten men har dålig glutenstyrka (Noordapera, 2013). Detta vete är lågavkastande men kan odlas på magra jordar. Sandvete, risvete och gammelvete är synonymer på einkorn. Emmer är diploid, har ofta långa borst, korta ax och två kärnor i varje småax. Arten har högre fett- och proteinhalt än brödvete men lägre fiberhalt. Den förekommer i många olika färger så som

svart, röd, blå och vit (Noordapera, 2013). Spelt är en hexaploid hybrid mellan emmer och ett vildgräs. Det har ett långsmalt ax och förekommer både med och utan borst (Noordapera, 2013). Trots liknande proteinhalt som brödvete är glutensammansättningen av sämre kvalitet för bakändamål. Spelt kan även kallas dinkel. Einkorn och emmer har hittats på flera platser på Gotland (Hjelmqvist, 1966).

## 2.2 Genetik

Den genetiska bakgrunden hos brödvete är sammanflätad och komplex. Genomet hos det hexaploida brödvetet (AABBDD) utgörs av sex uppsättningar av sju kromosomer i vardera ( $2n=42$ ) (Pomeranz, 1988). Genomet är totalt 17 giga-baspar stort (Marcussen *et al.*, 2014). Det motsvarar fem gånger människans genom men är i hög grad repetitivt. Jämförelse mellan brödvete och släktingar som är di- respektive tetraploida visar både likheter i sekvens samt bibehållen struktur efter korsning (Marcussen *et al.*, 2014). Likheterna sinsemellan genomerna A, B och D är också stora, med en mutation för var hundra baspar (homologa snips) (Hall, 2016). Tack vare homologa snips kan man skilja mellan genomerna. Kromosomerna delas in i sju homologa kromosomgrupper (se Figur 2). Brödvetet har uppstått genom polyploid hybrid artbildning av emmer (AABB) och *T. tauschii* (DD) vilket innebär att alla föräldrarnas gener bevarats och en hexaploid art uppstått (Marcussen *et al.*, 2014).

Trots väl bevarade gener inom brödvetet anses vissa användbara gener gått förlorade (Pomeranz, 1988). Vild emmer kan användas för att återinföra fördelaktiga alleler med positiv effekt på näringskoncentrationen i kärnan, som man tror gått förlorade i den domesticerade genpoolen (Chatzav *et al.*, 2010; Pomeranz, 1988).



Figur 2. Schematisk bild av genomet hos hexaploid brödvete (*T. aestivum*). Tre nära besläktade subgenom (A, B och D) bestående av 7 kromosompar vardera, utgör det totala genomet. Informationen är hämtad från Marcussen et al., 2014 men figuren är egenhändigt sammanställd.

## 2.3 Växtförädling

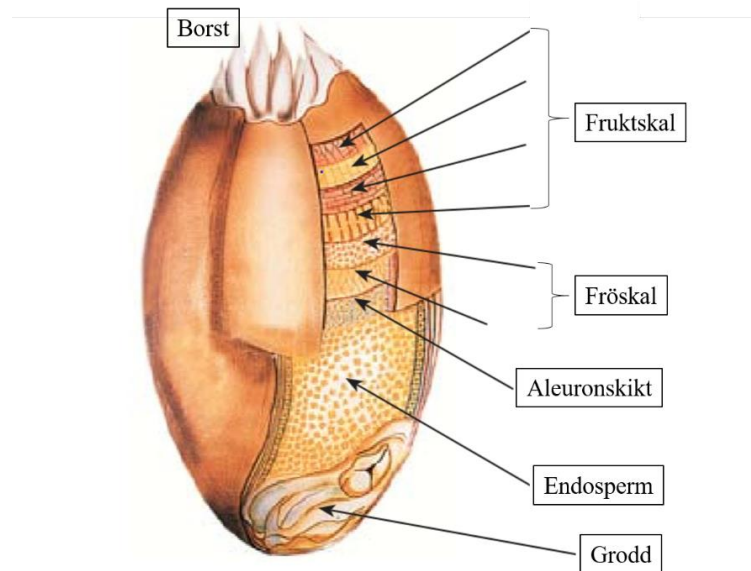
Växtförädlingen kan anses ha pågått lika länge som människan brukat jorden, då genom selektion (Noordapera, 2013). De sorter vars spontana mutationer varit önskvärda gynnades. De traditionella metoderna räcker inte längre för att möta omvärld-ens krav eller nå nya genombrott (Bajaj, 1990). Växtförädling har lett till 10 000-tals varieteter av durum och brödvete (Pomeranz, 1988) och varje år lanseras ett flertal nya sorter, varav många dock blir kortvariga (Bajaj, 1990). Nya sorter för-ädlas vanligen med avseende på sjukdomsresistens, avkastning eller bakegenskaper. Nya brödvetesorter släpps varje år och just nu odlas omkring 4000 olika sorter av vete i världen (Posner, 2000).

Utvecklingen som växtförädling bidragit till befaras ha lett till en begränsad genpool från vilken man ska kunna finna ytterligare växtförbättring (Pomeranz, 1988; Graham *et al.*, 1999). Förädling har även möjliggjort framtagandet av vete-sorter som är bättre anpassade att växa på zinkfattiga jordar. Den förbättrade förmågan att ta upp zink innebar även ökat zinkinnehåll i kärnan (Graham *et al.*, 1999). Fallet belyser potentialen av hur växtförädling kan bidra till ökat näringsinnehåll i vetekärnan. Dessutom bekräftas lyckade försök mot minskad ackumulering av skadliga tungmetaller för odling på kontaminerade marker (Spiegel *et al.*, 2009) samt lysinrikt korn (high-lysin barley) (Gobbetti & Gänzel, 2013).

## 2.4 Vetekärnans uppbyggnad

Vetekärnans storlek, form och vikt varierar mycket beroende på sort och placering på axet (Lásztity, 1999). Brödvete har mellan tre till fem kärnor per småax medan emmer har två kärnor och einkorn så lite som en. Kärnan omsluts av ett skal (agnar) som sitter mer eller mindre hårt (Bjornstad, 2012). Brödvete och durum räknas som nakna då agnarna lätt faller av vid tröskning. Spelt, emmer och einkorn har tätt sittande agnar vilket betyder att hela småaxet skördas och att det måste skalas innan det mals till mjöl.

Vetekärnan består huvudsakligen av endosperm, kli och grodd (Figur 3). Endospermet (frövit) är stärkelserikt och lagrar näringen som grodden kan tillgodogöra sig under tillväxt (Pomerantz, 1988). Endospermet är källan till vitt mjöl och utgör ungefär 85% av kärnans vikt (Gobbetti & Gänzle, 2012). Det innehåller större delen av kärnans protein men även pantotensyra, riboflavin och viss mängd mineraler.



Figur 3. Schematisk bild över vetekärna (United States Agency for International Development (USAID), 2005). Morfologiska benämningar anges.

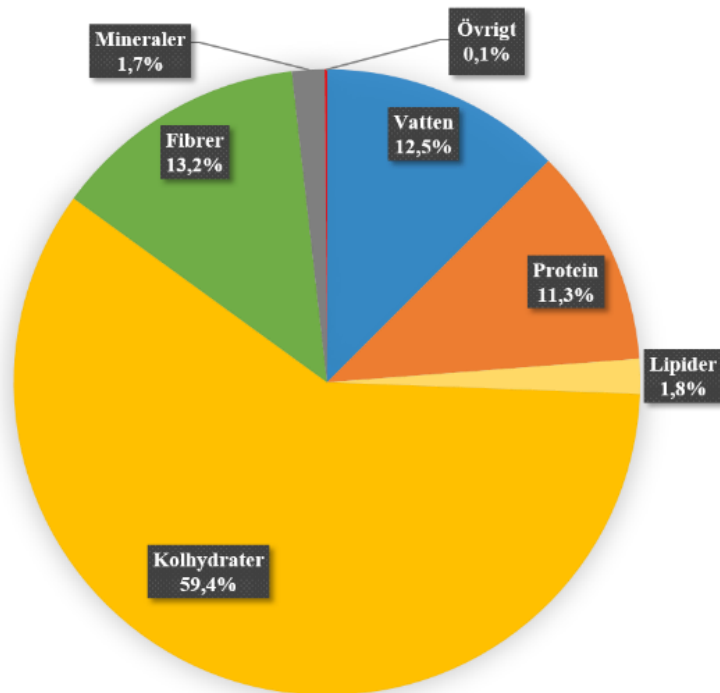
Kliet består främst av frukt- och fröskal och är ett skyddande lager som omsluter vetekärnan. Det är den delen av kärnan med högst halt av järn, zink, fosfor, magnesium (Pomerantz, 1988). Uppåt 50-80% av kärnans mineral återfinns i klifractionen (Lásztity, 1999). Mineralhalten ökar således med det tredubbla i fullkornsmjöl jämfört med mjöl med utmalningsgrad 70 (vanligt vitt mjöl). Ytterligare en viktig skillnad mellan dessa mjöler är tio-



dubbleringen av fytatfosfor i fullkornsmjöl, vars biotillgänglighet är mycket låg hos enkelmagade djur (Cornell & Hoveling, 1998). I kliet finns även kostfiber, vitaminer och antioxidanter (Jorhem *et al.*, 2015). Fullkornsvetemjöl är fiberrikt och jämfört med exempelvis havre har vetets kli högre fiberhalt (10% respektive 45%) (Cornell & Hoveling, 1998). Mellan endospermet och frukt- och fröskalet finns aleuronskiktet innehållandes nia-cin, fytinsyra och mineraler, speciellt fosfor. Aleuronskiktet följer med kliet vid valsning och bidrar där med de mesta mineralerna (Cornell & Hoveling, 1998).

Grodden utgör endast en omkring 3% av kärnans vikt men har hög koncentration av protein och fett (Cornell & Hoveling, 1998). Dock kommer majoriteten av mjöl-ets protein från endospermets cellväggar, där komponenterna till gluten förekommer (Cornell & Hoveling, 1998). Grodden består av embryo och skutellum. Embryot innehåller outvecklad rot och skott medan skutellum lagrar och överför näring från endospermet till embryot. Embryot innehåller lipider och sockerarter och skutellum fosfor och B-vitaminer, speciellt tiamin (Pomerantz, 1988). Då näring, däribland protein, överförs från skutellum till embryot finns således dessa ämnen i bådadera.

Vetekärnan i sin helhet innehåller 59,4% kolhydrater, 13,2% fibrer, 12,2% vatten, 11,3% protein, 1,8% lipider, 1,7% mineraler samt 0,1% övriga komponenter så som vitaminer, antioxidanter och fytokemikalier. Fördelningen av näringsämnen i hela vetekärnan visas i Figur 4.

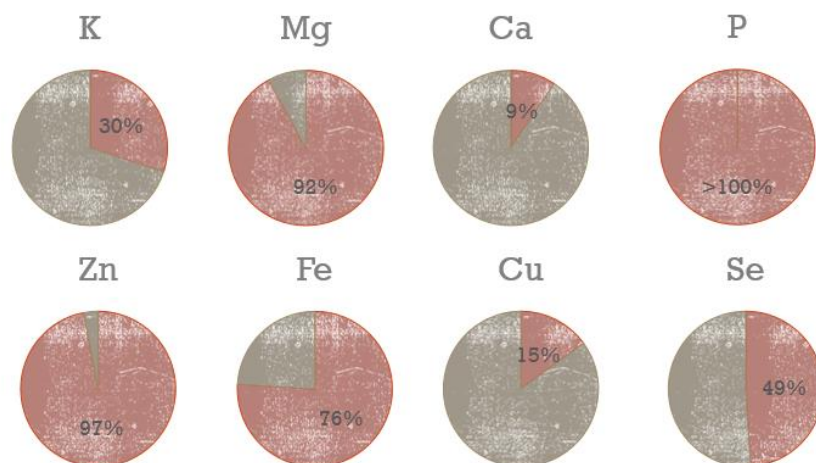


Figur 4. Procentuell fördelning av näringsämnena i hela vetekärnan. Mineraler utgör en betydande andel på 1,7% av den totala vikten. I begreppet övrigt ryms vitaminer, antioxidanter och fytokemikalier bland annat. Informationen är hämtad från Gobbetti & Gänzel, 2013 men figuren är egenhändigt sammanställd.

## 2.5 Mineraler i vete

Vetekärnan består till 1,7 vikt% av mineraler (Gobbetti & Gänzel, 2013).

Enligt FAO, 2007 konsumerar svenska folket över 200 g vete och vete-baserade produkter per dag. En daglig konsumtion på 200 g av fullkornsvetemjöl med mineralvärden enligt Hussain *et al.*, 2010 skulle täcka hela fosforbehovet, stora delar av zink-, järn och magnesiumbehovet samt halva behovet av selen. Kalium-, kalcium- och kopparbehovet skulle inte tillgodoses i samma utsträckning, se Figur 4. Mangan innefattas inte i sammanställningen i Figur 4 då det saknas rekommendationer för dagligt intag enligt NNR.



Figur 5. Ekologiskt fullkornsvetemjöl (Hussain *et al.*, 2010) bidrag till att täcka det rekommenderade dagliga intaget (RDI) av mineralerna K, Mg, Ca, P, Zn, Fe, Cu och Se vid en konsumtion av 200 g mjöl/dag. Figuren är en egenproduktion baserad på värden från Tabell 3 i Appendix.

### 2.5.1 Järn

Stor del av järnintaget kommer från spannmål (Jorhem *et al.*, 2015), där vete utgör en betydande del. Förr berikades vetemjöl i Sverige med järn och innehöll då omkring 60 mg/kg till skillnad från icke berikat med koncentration på ca 10 mg/kg. Trots att mjölet inte längre berikas med järn bidrar bröd, flingor och gröt sammanlagt med 26% av järnintaget i Sverige, enligt Riksmaten 2010-2011. Trots det är järn, liksom zink, vanlig att människor runt om i världen lider brist på (Zimmermann & Hurrell, 2002) (Shewry, 2009). Brist på järn och zink försvagar immunförsvaret och kan ge försämrad tillväxt. En betydande orsak till sådan brist är deras låga biotillgängligheten i bland annat spannmål med hög halt av absorptionsinhibitorer fytinsyra (Zimmermann & Hurrell, 2002).

Järn är en viktig komponent i de syretransporterande proteinerna hemoglobin och myoglobin. Vid brist på järn kan kroppens produktion av hemoglobin bli begränsat och orsaka järnbristanemi. Typiska symptom är trötthet. Överintag av järn kan leda till förstoppning och skador på tarmens slemhinna, men dessa symptom relateras främst till konsumtion av kosttillskott (Jorhem *et al.*, 2015).

### 2.5.2 Zink och koppar

Vete har generellt hög halt av de essentiella spårämnena zink och koppar (Jorhem *et al.*, 2015). Koppar har bland annat del i vissa enzymer med betydelse för energimetabolism. Ett för högt intag av koppar kan irritera mag-tarmkanalen och skada levern. Zink fungerar bland annat som antioxidant och har flera viktiga funktioner i kroppen, så som exempelvis transport av koldioxid från vävnad-erna till lungorna samt andra metaboliska mekanismer (Jorhem *et al.*, 2015). Överintag av zink har toxisk effekt och kan även ge upphov till symtom som liknar kopparbrist. Dessa två mineraler konkurrerar och det ena kan inhibera absorption av det andra. Det är ovanligt med zink- och kopparbrist i Sverige (Jorhem *et al.*, 2015).

### 2.5.3 Mangan

Mangan är vanligt förekommande i livsmedel och brist är således ovanligt. Det är en kofaktor till många enzymer med betydelse för bland annat lipid- och kolhydratmetabolism. Ett för högt intag av mangan har neurotoxisk effekt och kan orsaka in-lärningssvårigheter. Spädbarn har inte en fullt utvecklad reglering av upptag från kosten och de är därför extra känsliga för höga halter mangan i maten (Jorhem *et al.*, 2015). Vete kan vara rikt på mangan, likaså ris och nötter.

### 2.5.4 Selen

Selen är egentligen ett ickemetalliskt grundämne men då det är av näringsmässigt intresse innefattas även det med övriga metaller (Jorhem *et al.*, 2015). Detta grund-ämne spelar en viktig roll i antioxidantreaktioner. *Ae. tauschii*, som är en av brödvetets anfäder, har hög koncentration av Se (Graham *et al.*, 2005).

### 2.5.5 Kalium

Större delen av allt kalium i kroppen förekommer i cellerna men resterande andel, som befinner sig utanför cellerna, är viktigt för reglering av blodtryck, nerv- och muskelfunktion samt syra-basbalans (NNR, 2012). Vete bidrar med viss mängd kalium till det dagliga behovet (Figur 5). Primära källor till kalium är främst mjölkprodukter, potatis, frukt och grönsaker (NNR, 2012). Ett överdrivet intag av kalium under en längre tid kan leda till problem med hjärtrytmen hos människor med nedsatt njurfunktion. Allvarli-

gare tillstånd som hjärtstillestånd kan också uppstå. Brist är mycket ovanligt men kan uppstå vid ökade förluster från njure och tarmar, som exempelvis vid långvariga diarreer. Kaliumbrist kan leda till trötthet, muskelsvaghet, rubbningar i hjärtrytm samt depression och förvirring (NNR, 2012).

#### 2.5.6 Kalcium

Kalcium är viktigt för bildning av skelett och tänder, koagulering av blod samt för nervfunktion (NNR, 2012). Människokroppen består till 1-2% av kalcium varav 99% av det finns i ben och tänder. De främsta källorna till kalcium är mjölkprodukter och fisk. Vissa livsmedel berikas med kalcium för att öka näringsvärdet (NNR, 2012). Brist kan hämma tillväxt och orsaka osteoporos (benskörhet). Ett överdrivet intag av kalcium i kombination med högt intag av vitamin D kan orsaka förkalkning av kroppens vävnader och njursten.

#### 2.5.7 Magnesium

Magnesium är involverat i en rad olika funktioner i kroppen och viktigt för bland annat proteinproduktion, genreglering, energiberoende membrantransport samt normal nerv- och muskelfunktion (NNR, 2012). Baljväxter, bladgrönsaker och fullkornsprodukter är rika på magnesium, likaså nötter och kaffe. Beroende på hårdhet kan även dricksvatten vara så rikt på magnesium att det bidrar till det totala magnesiumintaget. Brist är ovanligt men kan i sådana fall medföra beteendestörningar, hjärtproblem och orsaka hämmad tillväxt (NNR, 2012).

#### 2.5.8 Fosfor

Fosfor spelar en viktig roll i många biologiska processer i kroppen. Det mesta lagras i skelettet och det samverkar med kalcium för att bilda ben och tänder. Fosfor är även viktigt för syra-basbalans samt för energiproduktion i kroppen (NNR, 2012). Spannmålsprodukter innehåller mycket fosfor och anses vara en av de stora källorna till det totala intaget av fosfor. Hur lätt kroppen kan tillgodogöra sig detta mineral varierar beroende på typ av livsmedel och det fosfor som finns i vetekärnans yttre delar bedöms speciellt svårtillgängligt. Detta då det förekommer bundet i ett molekyllkomplex, fytinsyra, vars uppgift är att lagra fosfat i växten (NNR, 2012).

Brist är mycket ovanligt men kan drabba högkonsumenter av alkohol. Brist kan leda till urkalkning av skelettet, försämrad njurfunktion samt problem med nerver och muskler. Ett överdrivet intag av fosfor kan skada njurarna och även orsaka läckage av kalcium från skelettet vilket orsakar problem med blodcirkulationen. Många livsmedel, så som coladrycker, kakor, kött- och fiskprodukter, vissa ostar och glass, tillåts innehålla tillsatser av fosfor (NNR, 2012).

## 2.6 Parametrar som påverkar mineralinnehållet i vete

All transport av näringsämnen till kärnan måste, från xylemet, passera genom floemet (Garnett & Graham, 2005). Mängden mineral i kärnan beror av rötternas upptagningsförmåga under kärnans tillväxtperiod samt förmåga till omfördelning från vegetativa växtdelar till kärnan via floemet. Även mineralernas benägenhet att röra sig genom floemet är av betydelse (Garnett & Graham, 2005). Upptaget av mineral från jorden beror, förutom på genetiska egenskaper, av platsbetingelser (mineralernas koncentration och rörlighet i jorden) (Spiegel *et al.*, 2009). Hos de flesta vetesorter är platsen av störst betydelse för mineralkoncentrationen men för äldre (primitiva) vetesorter är val av genotyp av större betydelse (Hussain *et al.*, 2010).

Ökad avkastning har föreslagits innebära en utspädning av mineral i vete-kärnan (Fan, *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2008; Hussain *et al.*, 2010). Vår-vete besitter högre koncentration av Cu, Zn, Ca och K i kärnan (Gobbetti & Gänzle, 2013), medan höstveten ofta ger högre avkastning (mer stärkelse i kärnan). Graham *et al.*, 1999 visar dock på motsatsen och menar att högre avkastning inte skulle medföra en utspädning av mineralkoncentration i kärnan. Till viss del håller Hussain *et al.*, 2010 med genom att belysa att ökad avkastning till följd av extra gödning inte påverkar koncentrationen av mineraler.

Enligt Nelson *et al.* (2011) åstadkommer man en förbättring av näringsvärdet i vete genom val av odlingssystem samt genom växtförädling utan att nödvändigtvis offra ökad eller stabil avkastning. Deras resultat tyder dock, liksom tidigare studier, på att sortvalet är viktigt för att kunna maximera näringsvärdet i kärnan.

## 3 Äldre kontra modernare vete

### 3.1 Mineralkoncentration enligt olika studier

I Tabell 1 visas den genomsnittliga koncentrationen av nio (av de totalt tolv) mineral hos alla undersökta veten (300) samt hos primitiva vetesorter (34) i en studie av Hussain *et al.* Sorterna i försöket var ekologiskt odlade och resultaten avser mineral-koncentrationen i hela kärnan. Primitiva vetesorter hade generellt något högre mineralhalt (Tabell 1). Koncentrationen av Fe och Mn var lägre bland de primitiva sorterna och för Se och Ca var differensen nära noll. Det rekommenderade dagliga behovet av K, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu, P, Se och Mn kan till varierande grad tillgodoses av en daglig konsumtion av 200 g mjöl (Hussain *et al.*, 2012), vilket är den uppskattade genomsnittliga konsumtionen i Sverige (FAO, 2007). Variationen beror delvis på val av sort (Hussain *et al.*, 2010). Skillnaden mellan mineral-koncentrationerna i de båda grupperna ges i Tabell 1 som % av det rekommenderade dagliga intaget (RDI), vid ett intag av 200 g fullkornsmjöl /dag. På så vis åskådliggörs huruvida differenserna är av betydande karaktär för näringsintaget hos den svenska befolkningen. I den primitiva gruppen är zinkhalten så pass mycket högre att skillnaden, mätt i 200 g mjöl, värderas till 17% av RDI. Fosforhalten är också högre i den primitiva gruppen men utgör ingen näringsmässig fördel då båda alternativen täcker RDI för fosfor. Däremot är järnhalten lägre bland primitiva veten.

Tabell 1. *Mineralkoncentration i vetekärna (mg/kg) medeltal primitiva veten kontra totalt alla sorter. Alla sorter i försöket odlades ekologiskt.*

	Alla sorter <sup>1</sup> n=300	Primitiva sorter <sup>2</sup> n=34	Koncentrat- ionsdifferens Prim-alla	Differens (%) av RDI <sup>3</sup> av 200 g mjöl.
K	4075	4669	594	4,3
Mg	1261	1299	38	2,8
Ca	378	381	3	0,1
Zn	38,9	45,7	6,8	17
Fe	37,9	32,1	-5,8	-11,6
Cu	5,26	5,73	0,47	1,3
P	4124	4505	381	12,3
Se	0,110	0,100	-0,010	-4,4
Mn	22,5	17,8	-4,7	n/a <sup>4</sup>

1. Hussain *et al.*, 2010

2. Hussain *et al.*, 2012

3. Baserat på NNR.

4. NNR presenterar inga rekommendationer för detta mineral.

I en ungersk studie resulterade den genomsnittliga koncentrationen för Zn på mellan 21,4 och 22,9 mg/kg för einkorn, emmer, spelt och brödvete, enligt Tabell 2. Enligt Zhao *et al.*, 2008 ansågs emmer ha låga värden av dessa mineral. Värdena för zinkhalt varierar i denna studie, dock inte lika mycket som vad som presenteras i Tabell 1.

Tabell 2. *Genomsnittlig koncentration av Fe och Zn i vetekärna hos äldre veten samt brödvete (mg/kg). Källa: Zhao *et al.*, 2008.*

	Einkorn	Emmer	Spelt	Brödvete
Fe	45,9	34,1	41,8	38,2
Zn	22,4	22,8	22,9	21,4

### 3.1.1 Hussain *et al.*, 2012

Över 300 vår- och höstveten från flera olika platser i Sverige analyserades med avseende på 12 viktiga mineraler. De äldre vetesorterna (primitiva) visade sig ha bland de högsta mineralhalterna, speciellt av Zn och K. Enligt Hussain och medarbetare lär det dagliga mineralbehovet kunna tillgodoses



med någon utav dessa sorter, bland annat Lantvete Gotland, *T. monococcum*, *T. dococcum*, m fl.

Mineralkoncentrationen varierade stort mellan vetegenotyperna i försöket. Det är även tydligt att odlingsplatsen spelar en stor roll i mineralsammansättningen. Relativ influens av genotyp och plats på mineralkoncentrationen i vetekornet mättes genom att beräkna kvoten av respektive varians; [(variens för genotyp)/(variens för plats)]. Denna kvot varierade för olika genotyp och typ av mineral. Primitiva veten visade vara mer influerade av val av genotyp än plats.

### 3.1.2 Chatzav *et al.*, 2010

Koncentrationen av nio mineraler (Ca, Mg, K, P, S, Zn, Fe, Cu och Mn) i vetekärnan analyserades hos totalt 154 genotyper över två år (2006-2008) i Jordanien och Israel. Studien visade att koncentrationen av mikronäringsämnen är signifikant lägre hos domesticerade vetesorter än hos vilda genotyper av emmer. Författarna hävdar att arvsanlagen hos vild emmer besitter alleler som kan utnyttjas i växtförädling för utveckling av näringsegenskaper som exkluderats från den domesticerade genpoolen hos brödvete.

### 3.1.3 Fan *et al.*, 2008

Studien undersöker vetesorter de senaste 160 åren och huruvida förändringar i mineralkoncentration i vete beror på faktorer hos plantan (ex sort, avkastning) eller förändringar i näringskoncentration i jorden. Resultatet visar på minskad mineralhalt i modernare vetesorter. Koncentrationen av Zn, Fe, Cu och Mg var stabil mellan 1845 till mitten på 1960 men har sedan dess minskat. Detta menar författarna sammanfaller med introduktionen av högväxtande semi-dvärgveter. Ökad avkastning och skördeindex kan vara förklaringen till den nedåtgående trenden i mineralkoncentration i kärnan. Den totala zinkkoncentrationen i jorden har ökat med 40-60% sedan 1860 vilket gör minskningen i zinkkoncentration i kärnan uppseendeväckande.

Dvärggenerna tros inte ha någon pleiotropisk effekt (orsaka en genetisk sido-effekt på andra gener) som skulle påverka mineralupptagningsförmågan. Snarare tror man att orsaken ligger i att fördelningen av mineral från vegetativa växtdelar till kärnan inte svarar mot den ökade ackumule-

ringsförmågan av stärkelse i kärnan. De anser att den nedåtgående trenden i mineralkoncentration i kärnan snarare orsakas av faktorer hos plantan än i jorden.

#### 3.1.4 Graham *et al.*, 1999

Studien visar att mineralkoncentrationen i kärnor från äldre sorter och lantraser är högre än från moderna sorter. Det kan bero på en viss spädningseffekt. Även om det finns studier som visar på negativt samband mellan avkastningspotential och kvalitet menar Graham *et al.*, att dessa samband inte är starka och att det påvisade sambandet kan övervinnas via selektion. Författaren belyser en studie som omfattar alla stora sorter som släppts av det icke-kommersiella och internationella vete- och majsutvecklingscentret CIMMYT i Mexiko. Efter 40 år av förädling mot hög avkastning utan någon hänsyn till järn- och zinkkoncentration påvisades ändå ingen negativ trend i järn- och zinkkoncentration relaterat till sortens frisläppningsår. Detta talar emot ett negativt samband mellan avkastning och koncentration av mikronäringsämnen (Graham *et al.*, 1999).

## 4 Diskussion

De flesta studier pekar på att äldre vetesorter har högre mineralkoncentration än modernare sorter (Graham *et al.*, 1999; Hussain *et al.*, 2010). Skillnaderna är dock inte alltid stora och fokus bör styras mot värdering av hur stor inverkan dessa variationer i mineralkoncentration mellan arterna har på humannutritionen. Är det ett problem att koncentrationerna i hela kärnan är lägre?

Minskad mineraldensitet de senaste 160 åren (Fan *et al.*, 2008) kan förklaras med en utspädningseffekt till följd av ökad stärkelsehalt i kärnan (Hussain *et al.*, 2010). Graham *et al.*, 1999 hävdar dock att det inte finns något negativt samband mellan hög avkastning och densiteten av mikro-nutriener, kanske på grund av att det totalt handlar om relativt låga kvantiteter av dessa element.

Det är tydligt att odling av genotyperna på olika platser ger stor variation i mineralhalt. Alltså bör detta tas i beaktning vid utredning av genotypens inverkan på mineralkoncentration. Majoriteten av grödorna i en studie av Spiegel *et al.*, 2009 visade större variation beroende på plats än på val av sort.

Både Chatzav *et al.*, 2010 och Pomeranz, 1988 föreslår att vild emmer kan användas för att återinföra fördelaktiga alleler med positiv effekt på näringskoncentrationen i kärnan, som gått förlorade i den domesticerade genpoolen. Zhao *et al.*, 2008 visar i sina försök, oförenligt med Chatzav, att emmer inte innehöll stora mängder Fe (34,1 mg/kg) jämfört med brödvete (38,2 mg/kg). Skillnaden är dock inte avsevärd. Även resultat från CIMMYT tyder på höga värden av Fe och Zn i *Triticum dicoccum* (domesticerad emmer), till och med högst bland de kommersiellt aktuella vetearterna (Graham *et al.*, 1999). Detta motiverar fortsatt utredning av arvs massa hos *T. dicoccum*. Dessutom bör förbättring av båda mineralerna kunna göras

simultant då hög korrelation mellan järn- och zinkkoncentrationerna påvisats.

Zhao *et al.*, 2008 visar att Zn men inte Fe, korrelerar negativt med avkastning. Det fanns en tydlig minskning av koncentrationen av Zn med frisläppningsdatum av sorten. Med detta föreslås att växtförädling mot hög avkastning resulterat i en utspädning av zinkhalten i kärnan. Både Zn och Fe korrelerar positivt med proteinhalten i kärnan, men sambandet med kärnans storlek, vikt eller skalandel var svagt (Zhao *et al.*, 2008). Teorin om minskande mineralkoncentration motstrids av Graham *et al.*, 1999 som menar att det inte kan påvisas någon negativ trend i järn- och zinkkoncentration relaterat till sortens frisläppningsår. De delade meningarna uppmanar till vidare studier.

Det finns fler komponenter som bidrar till ett livsmedels nyttighet för människan. Fler sammanställningar med avseende på vitaminer, antioxidanter och andra fytokemikalier behövs och skulle bidra till en bredare bild av hur bidragande till hälsosam mat de olika vetesorterna kan vara. De flesta studierna belyser dessutom mineralkoncentrationen i hela kärnan men den största konsumtionen av vete baseras på endospermet, så som vitt mjöl. Därför skulle studier som skiljer på de olika fraktionerna av kärnan också vara till nytta.

Svårigheten har varit att sälla ut relevant information om kulturspannmål bland den stora mängd vetenskapliga fakta om vete som finns. Näringsinnehållet varierar beträffande flertalet parametrar och den genetiska sortvariationen visar därför inte på hela sanningen. Dessutom varierar näringsinnehållet även inom varieteterna vilket ytterligare öppnar upp för tolkning av resultaten.

## 5 Slutsats

Resultatet i denna rapport kan vara till nytta i diskussionen kring vetets närings-innehåll. Syftet med uppsatsen var att kartlägga ett urval av vetearter samt utreda om det går att påvisa skillnader i mineralhalt hos olika, äldre och modernare, vetesorter. Slutsatsen är att mineralkoncentrationen skiljer sig mellan olika vetearter, men de komplexa sambanden mellan växt, plats och miljö gör det svårt att entydigt fastställa en skillnad till någons av gruppernas fördel. Det råder stor variation. Vissa mineral har högre halt i primitiva vetesorter medan andra förekommer i högre halt i de modernare sorterna. Detta utgör grund för vidare utredning.

Val av genotyp i kombination med för sortvalet optimala odlingsbetingelser kan ha positiv effekt på mineralhalten i vetekornet men dess betydelse för humannutrition måste utredas under mer avancerade förhållanden för fastställelse. Mineralhalten i vete är dock viktig för humannutrition. Den varierande mineral-koncentrationen i vetekärnan hos olika genotyper uppmanar till fortsatt växt-förädling och potential finns att implementera äldre vetelinjer i modern växtförädling.

## Referenslista

- Amcoff, E. *et al.*, (2012). *Riksmaten – vuxna 2010-11*. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. Livsmedelsverket, Uppsala.
- Bajaj, Y. P. S. (1990). *Biotechnology in Agriculture and Forestry 13: Wheat*. Springer-Verlag, Berlin.
- Bjørnstad, Å. (2012). *Our daily bread : A history of cereals*. Vidarforlaget, Oslo.
- Bordoni, A., Danesi, F., Di Nunzio, M., Taccari, A., & Valli, V. (2016). Ancient wheat and health: A legend or the reality? A review on KAMUT khorasan wheat. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(3), 278-286.
- Chapman, G. (1992). *Grass evolution and domestication*. Cambridge Univ. Press., Cambridge.
- Chatzav, M., Peleg, Z., Ozturk, L., Yazici, A., Fahima, T., Cakmak, I., & Saranga, Y. (2010). Genetic diversity for grain nutrients in wild emmer wheat: Potential for wheat improvement. *Annals of Botany*, 105(7), 1211-1220.
- Cornell, H., J. & Hoveling, A., W. (1998). *Wheat: Chemistry and Utilization*. Technomic Publishing AG, Switzerland.
- DGE (2001). *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*, 1. Auflage; Hrs. DGE, ÖGE, SGE und SVE. Umschau/Braus, Frankfurt/Main.
- Fan, M., S., Zhao, F., J., Fairweather-Tait, S., *et al.*, (2008). Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22(4), 315-324.
- FAO. *The spectrum of malnutrition*. [online] Tillgänglig: <http://www.fao.org/worldfoodsummit/english/fsheets/malnutrition.pdf> [2017-05-15]
- FAO (2007). *Food and Agriculture Organization. Crops primary equivalent*. Tillgänglig: <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor> [2017-06-04].
- Garnett, T., & Graham, R. (2005). Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. *Annals of Botany*, 95(5), 817-826.

- Gobbetti, M. & Gänzle, M. (2013). *Handbook on Sourdough Biotechnology*. Springer, London.
- Graham, Senadhira, Beebe, Iglesias, & Monasterio. (1999). Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: Conventional approaches. *Field Crops Research*, 60(1), 57-80.
- Heun, M., Haldorsen, S., & Vollan, K. (2008). Reassessing domestication events in the Near East: Einkorn and *Triticum urartu*. *Genome*, 51(6), 444-451.
- Hjelmqvist, H. (1966). Some notes on the old wheat species of Gotland. *Institute of Systematic Botany*, 382-394
- Hussain, A. (2012). Quality of organically produced wheat from diverse origin. *Research and Public Health*, 7(9), 3442-3456.
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2010). mineral composition of organically grown wheat genotypes: Contribution to daily minerals intake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(9), 3442-3456.
- Jorhem, L., Åstrand, C., Sundström, B., Engman, J. & Kollander, B. (2015) Metaller i livsmedel – Fyra deceniers analyser; Spannmål, nötter och fröer. *Livsmedelsverkets rapportserie nr 1/2015*.
- Kirchmann, H., Mattsson, L., & Eriksson, J. (2009). Trace element concentration in wheat grain: Results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environmental Geochemistry and Health*, 31(5), 561-571.
- Lásztity, R. (1999). *Cereal Chemistry* (1. English ed.). Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Lyons, G., Ortiz-Monasterio, I., Stangoulis, J., Graham., R. (2005). Selenium concentration in wheat grain: Is there sufficient genotypic variation to use in breeding? *Plant and Soil*, 269(1), 369–380.
- Marcussen, T., Sandve, S., Heier, L., *et al.*, (2014). Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science* (New York), 345(6194), 1250092.
- Mujeeb-Kazi, A., Kazi, A., Dundas, I., *et al.*, (2013). Genetic diversity for wheat improvement as a conduit to food security-Chapter Four. *Advances in Agronomy*, 122, 179-257.
- Noodapera, R. (2013). *Förtidens spannmål kan åter ge färg åt det gotländska landskapet*. [Online] Tillgänglig: <https://gutekorn.files.wordpress.com/2010/09/frc3a5n-gutabyds-fortidens-spannmc3a5l.pdf> [2017-06-04]
- Ogihara, Y., Takumi, S. & Handa, H. (2015). *Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field Proceedings of the 12th International Wheat Genetics Symposium* (1st ed. 2015. ed.). Springer Japan, Tokyo.
- Pomeranz, Y. (1988). *Wheat : Chemistry and Technology 3.rd ed*. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul.
- Posner, E., S. (2000). Wheat. In: Kulp, K., *et al.*, (Eds.) *Handbook of Cereal Science and Technology*. pp. 1-99. cop. New York: Marcel Dekker.

- Ryan, M., Derrick, J., & Dann, P. (2004). Grain mineral concentrations and yield of wheat grown under organic and conventional management. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(3), 207-216.
- Shewry, P. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6), 1537-1553.
- Spaner, D., Clapperton, J. & Thavarajah, D., *et al.*, (2011). The soil microbial community and grain micronutrient concentration of historical and modern hard red spring wheat cultivars grown organically and conventionally in the black soil zone of the Canadian prairies. *Sustainability*, 3(3), 500-517.
- Spiegel, H., Sager, M., Oberforster, M., Mechtler, K., Stüger, H., & Baumgarten, P. (2009). Nutritionally relevant elements in staple foods: Influence of arable site versus choice of variety. *Environmental Geochemistry and Health*, 31(5), 549-560.
- United States Agency for International Development (2005). *Fortification Basics: Wheat Flour*. Tillgänglig;  
[http://www.dsm.com/content/dam/dsm/nip/en\\_US/documents/wheat.pdf](http://www.dsm.com/content/dam/dsm/nip/en_US/documents/wheat.pdf) [2017-08-08].
- Valli, V. L., Danesi, F., Gianotti, A., Taneyo Saa, D., Bordoni, A., & Di Nunzio, M. (2016). Antioxidative and anti-inflammatory effect of in vitro digested cookies baked using different types of flours and fermentation methods. *Food Research International*, 88, 256-262.
- Welch, R., & Graham, M. (2002). Breeding crops for enhanced micronutrient content. *Plant and Soil*, 245(1), 205-214.
- Yu, L. (2008). *Wheat Antioxidants*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Zhao, F., J., Su, Y., H. & Dunham, S., J., *et al.*, (2008). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 290-295.
- Zimmermann, M., & Hurrell, R. (2002). Improving iron, zinc and vitamin A nutrition through plant biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(2), 142-145.



## Tack

Jag vill rikta ett stort tack till teamet på Lantmännen R&D som bidragit med glada hejarop och fått mig känna att mitt arbete är värdefullt. Tack även för att ni gav mig möjligheten att besöka växtförädlingsenheten i Svalöv.

## Bilaga 1

### Mineralkoncentration och RDI

Tabell 1. *Rekommenderat dagligt intag av mineral enligt NNR<sup>1</sup> samt mineralkoncentration (mg/200g)<sup>2</sup> i ekologiskt odlat fullkornsvetemjöl (Hussain et al., 2010).*

	Rekommendation (mg/dag)	Fullkornsmjöl (mg/200 g)
K	2750	815
Mg	275	252,2
Ca	800	75,6
Zn	8,0	7,78
Fe	10,0	7,58
Cu	7,0	1,05
P	620	824,8
Se	0,045	259,6

1. Nordiska näringsrekommendationer
2. 200 g mjöl/dag är den genomsnittliga konsumtionen i Sverige

